

最新非破壊評価装置の導入/開発と複合材への適用事例

State of the Art Nondestructive Evaluation Systems and Application Examples to Composites

複合材技術開発センター 杉本 直、青木卓哉、青木雄一郎、小笠原俊夫、岩堀 豊
Advanced Composite Center Sunao Sugimoto, Takuya Aoki, Yuichiro Aoki, Toshio Ogasawara
and Yutaka Iwahori

Abstract

Nondestructive evaluation (NDE) technology is one of the key issues to improve the reliability of composite structures and materials. There are many NDE methods have been proposed, for example, ultrasonic, thermography, radiography, etc. Advanced Composite Center, JAXA had been assigned to enhance its NDE capability in an improvement of reliability project in space field before three space-related organization merged into JAXA. Enhancing NDE capability at Advanced Composite Center is continuously conducted after the project. In this activity various NDE systems are developed or introduced into Advanced Composite Center. Some of the NDE systems and their application examples are shown here. Micro CT can detect relatively quite small damage/defect and the pulsed thermography can be easily applicable to large area of structure.

1. はじめに

複合材技術開発センターでは、JAXAへの統合前に行われた宇宙三機関連携事業の信頼性向上共同研究プロジェクトにおいて各種非破壊評価装置の高性能化と定量性向上に関する研究を行ってきた。この流れはその後も継続して行われており、超音波探傷装置、X線CTスキャナ、パルスサーモグラフィ、アコースティック・エミッション装置など多岐にわたる装置が整備され、センター内の複合材の研究・開発のみならず、各種のプロジェクトの開発・不具合の原因究明/対策などに利用されている。最近ではマイクロフォーカスX線CTスキャナ、パルスサーモグラフィが導入されており、これら最新の非破壊評価装置を紹介するとともに、適用例によりその有用性を示す。

2. 研究の概要

前述の通り、当センターでは、複合材の信頼性向上と特性解明を進めるため、様々な種類の非破壊評価装置を導入/開発している。また、これらの複合材への適用ノウハウの蓄積と定量的適用を目指した研究を実施しており、これは、一つの非破壊評価手法で全ての欠陥/損傷を同定するのは不可能であり、適切な装置の選択と適用のためには、各手法の特徴と使用ノウハウを十分に理解する必要があるためである。複合材技術開発センターが現在運用している主な非破壊評価装置を以下に示す。

(1) 超音波を利用した非破壊評価装置

超音波は最も種類が多く、反射法/透過法が可能なロボット式超音波探傷装置、小型超音波探傷装置、媒介として水やジェルを使用しない空中伝播探傷装置、1次元や2次元に配列されたアレイ型プローブを使用するアレイ型超音波探傷装置がある。

(2) X線を利用した非破壊評価装置

X線を利用した装置としては、大型X線CTスキャナ、マイクロX線CTスキャナ、軟X線装置(+)イメージングプレート)が導入されている。特に前2者は宇宙関連のプロジェクトの開発、不具合には度々利用されており非常に有用な装置である。

(3) 熱を利用した非破壊評価装置

パルスサーモグラフィは非常に短時間で広範囲を非接触で探傷できる優れた非破壊評価手法である。

(4) アコースティック・エミッションを利用した非破壊評価装置

破壊現象などにおいて発生する超音波をセンサにより取得し、非破壊評価を行う装置である。

3. 成果の概要

ここでは、各種非破壊評価装置の内2つの適用例を以下に示すが、発表時にはそれ以外の非破壊評価装置及び適用例についても示す。

(1) マイクロX線CTスキャナの適用例

マイクロCTの探傷例として、C/C複合材のせん断試験後の試験片へ適用した例をFig. 1に示す。これから、繊維/マトリックス界面や繊維束内でのクラックが補足されていることが分かる。Fig. 1のクラック幅は数 μm ~数十 μm である。本装置の検出可能な最小サイズは直径5mmのスキャンエリアに対して5 μm となっているが、造影剤を用いることが可能で、かつ、表面から染みこませることができる損傷等であれば、更に小さな損傷を検出できる場合がある。

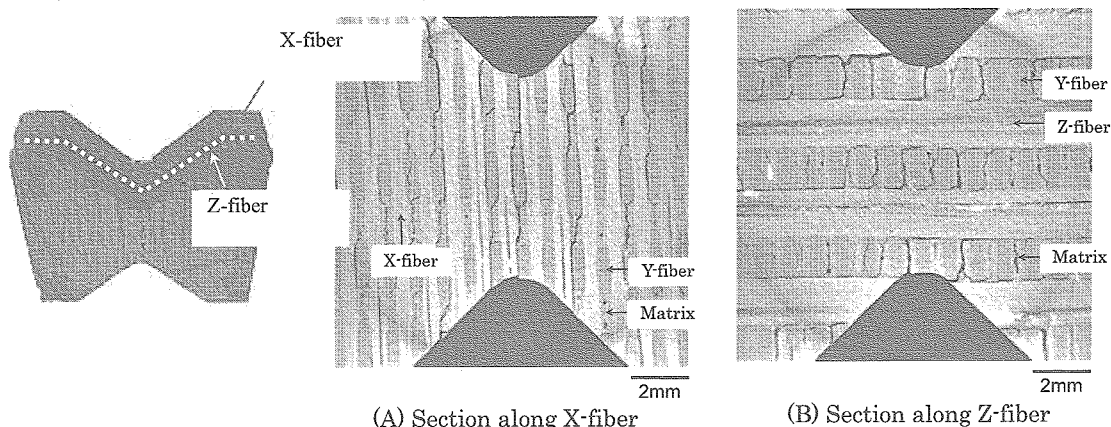


Fig. 1 Micro CT scan results of C/C composites with cracks.

(2) パルスサーモグラフィの適用例

パルスサーモグラフィの適用例として、3本のT型補強材付のCFRPパネルに表面板側から衝撃負荷を与え、剥離損傷が生じている供試体をパルスサーモグラフィで探傷を実施した。また、標準的なNDE手法として反射法による超音波探傷結果と比較した結果両者は良く一致した。探傷結果をFig. 2 (A)、(B)に示す。パルスサーモグラフィの結果 (Fig. 2 (A)) は、超音波探傷結果 (Fig. 2 (B)) より数倍広い範囲を4回の測定で取得しているが、これに要した時間は数分であり、水やジェルといった媒介を必要とせずに、非常に短時間で広い面積の探傷が可能である。従って、運用中或いは組み立て後の航空機や宇宙機の構造物に簡単に向いた装置であることが分かる。

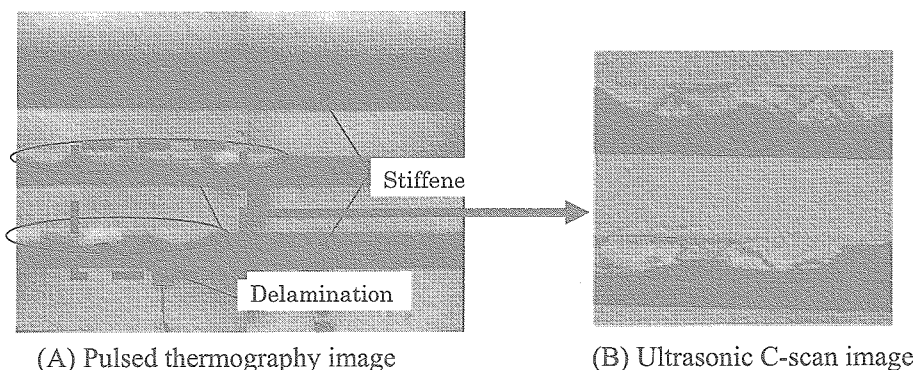


Fig. 2 NDE images of stiffened CFRP panel with delamination induced by impact loads.

4. まとめ

複合材技術開発センターでは各種の最新非破壊評価装置の導入とその使用ノウハウの蓄積、定量的により、非破壊評価能力の向上に努めている。また、マイクロフォーカスX線CTの適用例を示し、これまでは非破壊評価手法で取得することが困難であったクラックやボイド等微細な欠陥/損傷の3次元的な位置や形状を比較的容易に取得することが可能となったことを示した。パルスサーモグラフィの適用例でも、広範囲を短時間でという特徴によるその有用性を示した。これらの装置整備により、様々な構造・材料の非破壊評価の研究・検査能力が大幅に向上した。

[参考文献] 省略